

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-111748

(43)Date of publication of application : 21.04.2000

(51)Int.Cl. G02B 6/10
G02B 5/18

(21)Application number : 10-285551 (71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

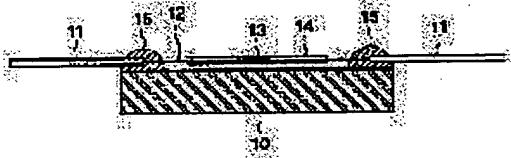
(22)Date of filing : 07.10.1998 (72)Inventor : TAMURA MITSUAKI
OSAKA KEIJI
INOUE SUSUMU
ITO TATSUYA

(54) OPTICAL DEVICE HAVING OPTICAL FIBER DIFFRACTION GRATING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical device having an optical fiber diffraction grating which is capable of lessening the possibility that the recoupling of radiation light occurs while capable of protecting the optical fiber portion formed with the diffraction grating without affecting the Bragg wavelength in the diffraction grating.

SOLUTION: The diffraction grating part 13 where the refractive index of the core part of the optical fiber 10 changes along the optical axis direction of the optical fiber 10 is formed in an exposed part 12 where a coating layer is removed and a clad part is exposed. This diffraction grating part is fixed to a substrate 11 having a negative coefficient of thermal expansion by adhesives 15 at both ends of the exposed portion 12. On the other hand, the exposed portion 12 where the clad part is exposed is provided with a protective layer 14. This protective layer 14 is formed of material which has the refractive index higher than or equal to the refractive index of the clad part, is optically transparent and has the coefficient of elasticity smaller than the coefficient of elasticity of the adhesives 15 so as to have the layer thickness larger than the layer thickness of the primary coating layer.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

Copyright (C), 1998,2003 Japan Patent Office

[Date of extinction of right]

[Decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

[of rejection]

[Number of appeal against examiner's decision

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-111748

(P2000-111748A)

(43) 公開日 平成12年4月21日 (2000.4.21)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 B 6/10
5/18

識別記号

F I

G 0 2 B 6/10
5/18

テマコード(参考)

C 2 H 0 4 9
2 H 0 5 0

審査請求 未請求 請求項の数 6 O.L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-285551

(22) 出願日 平成10年10月7日 (1998.10.7)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 田村 充章

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 大阪 啓司

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

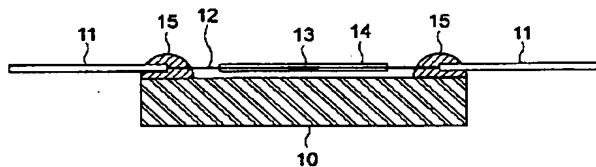
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバ回折格子を有する光学装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 回折格子でのプラグ波長に影響を及ぼすこ
となく、回折格子が形成された光ファイバ部分を保護す
ることができる一方、放射光の再結合が発生する可能
性を小さくできる光ファイバ回折格子を有する光学装置を
提供する。

【解決手段】 被覆層が除去されてクラッド部が露出し
ている露出部分12に対して、光ファイバ10の光軸方
向に沿って光ファイバ10のコア部の屈折率が変化する
回折格子部13が形成され、露出部分12の両端部にお
いて接着剤15により負の熱膨張係数を有する基板11
に固定されている一方、クラッド部が露出している露出
部分12には保護層14が設けられており、保護層14
は、クラッド部より高いもしくは同等の屈折率を有し、
光学的に透明で、かつ接着剤15より弾性係数の小さい
材料にて、1次被覆層の層厚さより厚い層厚さを有して
形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光を導波させる主要部であるコア部と、前記コア部の周囲に設けられ前記コア部の屈折率より小さい屈折率を有するクラッド部と、前記クラッド部の周囲に設けられ樹脂からなる被覆層とを有する一方、軸方向の所定長さにわたって、少なくとも前記クラッド部の内側に位置する前記コア部の光軸方向に沿った所定領域に回折格子が形成された光ファイバと、

前記光ファイバの使用温度範囲で負の熱膨張係数を有する基板とを有する一方、前記光ファイバは、前記回折格子が形成された光ファイバ部分の両側部で前記基板に固定されるとともに、前記回折格子が形成された光ファイバ部分の周囲に設けられ、前記クラッド部より高いもしくは同等の屈折率を有する保護層を有することを特徴とする光ファイバ回折格子を有する光学装置。

【請求項2】 前記保護層は、

$$\exp(-2at) < 1/2$$

t : 保護層の厚さ

a : 保護層に用いられる材料の光吸収係数

$$\alpha(R) \cdot E(R) < \alpha(B) \cdot E(B) / 10$$

$E(R)$: 保護層のヤング係数

$E(B)$: 基板のヤング係数

$\alpha(R)$: 温度補償系の中での保護層の体積分率

$\alpha(B)$: 温度補償系の中での基板の体積分率

を満たすように形成されていることを特徴とする請求項1に記載の光ファイバ回折格子を有する光学装置。

【請求項3】 前記保護層を形成する前記材料が、前記回折格子が形成された光ファイバ部分の振動を抑制し得る緩衝機能を有しており、前記回折格子が形成された光ファイバ部分を前記保護層により前記基板に固定したことを特徴とする請求項1又は2に記載の光ファイバ回折格子を有する光学装置。

【請求項4】 前記基板に固定される前記回折格子が形成された光ファイバ部分の前記両側部間にわたり、前記回折格子が形成された光ファイバ部分を前記保護層により前記基板に固定したことを特徴とする請求項3に記載の光ファイバ回折格子を有する光学装置。

【請求項5】 前記基板に凸部を設け、前記回折格子が形成された光ファイバ部分の前記側部を前記凸部に接触させた状態で固定したことを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の光ファイバ回折格子を有する光学装置。

【請求項6】 前記基板は、 $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系結晶化ガラスに正の熱膨張係数を有する結晶相を少なくとも一つ以上添加したものであって、 $(-83 \sim -94) \times 10^{-7}/\text{K}$ の熱膨張係数を有することを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の光ファイバ回折格子を有する光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバのコア部の屈折率を光軸に沿って周期的に変化させた回折格子が形成されている光ファイバ回折格子を有する光学装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバ回折格子は、入射光に対して特定の反射波長の光を射出することができるため、波長の異なる光信号を1本の光ファイバを介して多重伝送する分割多重伝送波長分割多重伝送方式の光通信システム等における重要な光部品として注目されている。

【0003】 光ファイバ回折格子では、一般に、石英系光ファイバのコア部（または、コア部及びクラッド部の双方）にはゲルマニウム元素が所定割合添加されており、クラッド部の周囲に設けられ樹脂からなる被覆層を軸方向の所定長さにわたって除去し、クラッド部を露出させた状態で紫外線を照射することにより、露出したクラッド部の内側に位置するコア部の光軸方向に沿った所定領域に回折格子を形成している。

【0004】 このように構成した光ファイバ回折格子は、使用温度範囲では光ファイバが正の熱膨張係数を有しているため、周囲温度が変化すると、光ファイバが伸縮して、光ファイバに応力が印加されることになる。したがって、光弾性効果により、光ファイバの屈折率が変化するため、回折格子によるプラグ波長が変化することになる。

【0005】 上述した光ファイバ回折格子における温度変化に対する反射波長の不安定性に関する問題を解決するため、回折格子が形成された光ファイバを負の熱膨張係数を有する基板に固定することで、プラグ波長がほぼ温度に依存しなくなるようにした構造のものが提案されている。（特開平10-96827号公報参照）

【0006】 上述した先行技術に記載の構造は、回折格子が形成された光ファイバ部分を基板から浮かした状態で、回折格子が形成された光ファイバ部分の両側の光ファイバ部分を負の熱膨張係数を有する基板に接着剤により固定している。また、回折格子が形成された光ファイバを負の熱膨張係数を有する基板とカバーとの間に配設した状態で、基板とカバーとの間に基板とカバーの全長にわたって接着剤を充填して、光ファイバを固定する構造も提案されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上述した回折格子が形成された光ファイバ部分を基板から浮かした状態で光ファイバを基板に固定する構造では、回折格子を形成するために被覆層が除去されているために、回折格子が形成された光ファイバ部分を保護するために、この部分を被覆する保護層を設ける必要がある。また、上述した接着剤を充填して光ファイバを固定する構造では、光ファイバの保護という観点では問題がないものの、接

着剤を均一に充填させて接着剤を硬化させることが難しく、気泡等により巣が形成されると基板の伸縮により生じる応力の分布が不均一になることから、回折格子に伝わる応力が不均一となり、プラグ波長が変化してしまうおそれがある。

【0008】したがって、光ファイバを基板に固定するには、回折格子でのプラグ波長に悪影響を及ぼすことなく、回折格子が形成された光ファイバ部分を保護できる構造を実現する必要がある。

【0009】ところで、発明者の調査研究の結果、光ファイバ回折格子では以下のような問題があることが分かった。図8に示す光ファイバ回折格子は、光ファイバ110のコア部111に回折格子が光軸方向に対して垂直に形成されたものである。この場合には、この光ファイバを導波してきた導波光A11が回折格子を透過すべき波長のものであるときには、その導波光の殆どは導波光A12として回折格子形成領域112を透過するが、回折格子形成領域112において屈折率変化に伴いモードフィールド径が変化するため、一部は、放射光A13としてクラッド部113へ放射される。この放射光A13は、クラッド部113とその外側の層（空気層または被覆層）との界面で反射した後、再び導波光になり、導波光A12等と再結合してしまう可能性がある。

【0010】回折格子形成領域112から出力される導波光A14は、放射光A13から再び導波光になったものと透過した導波光A12の和になる。このとき両者が逆位相である場合には、出力される導波光A14は、透過した導波光A12より強度が小さくなる。入力した導波光A11は、この光ファイバ回折格子を透過すべき波長であるにも拘わらず、この光ファイバ回折格子により透過ロスを受けて導波光A14として出力されることになる。

【0011】したがって、回折格子が形成された光ファイバ部分を保護する層を設けるときには、回折格子からクラッド部へ放射される放射光がクラッド部と保護する層との界面、あるいは保護する層とその外側の層との界面で反射した後コア部にて再結合する可能性を極力小さくすることが必要となってくる。

【0012】本発明は上述の点に鑑みてなされたもので、回折格子でのプラグ波長に悪影響を及ぼすことなく、回折格子が形成された光ファイバ部分を保護することができる一方、放射光の再結合が発生する可能性を小さくできる光ファイバ回折格子を有する光学装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、光を導波させる主要部であるコア部と、コア部の周囲に設けられコア部の屈折率より小さい屈折率を有するクラッド部と、クラッド部の周囲に設けられ樹脂からなる被覆層とを有する一方、軸方向の所定長さにわたつ

て、少なくともクラッド部の内側に位置するコア部の光軸方向に沿った所定領域に回折格子が形成された光ファイバと、光ファイバの使用温度範囲で負の熱膨張係数を有する基板とを有する一方、光ファイバは、回折格子が形成された光ファイバ部分の両側部で基板に固定されるとともに、回折格子が形成された光ファイバ部分の周囲に設けられ、クラッド部より高いもしくは同等の屈折率を有する保護層を有することを特徴としている。

【0014】請求項1にかかる上記光ファイバ回折格子を有する光学装置によれば、回折格子が形成された光ファイバ部分の周囲に設けられた保護層を有していることから、回折格子が形成された光ファイバ部分を保護することが可能となる。また、保護層を形成する材料をクラッド部より高いもしくは同等の屈折率を有していることから、放射光の反射面をクラッド部と保護層との界面ではなく、保護層とその外側の層との界面に移し、反射面を回折格子から離すことができるため、たとえ、放射光が反射面で反射したとしても、反射した放射光がコア部の導波光と再結合する可能性を小さくすることが可能となる。

【0015】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、保護層は、

$$e \times p (-2a t) < 1/2$$

t : 保護層の厚さ

a : 保護層に用いられる材料の光吸収係数

$$\alpha(R) \cdot E(R) < \alpha(B) \cdot E(B) / 10$$

E(R) : 保護層のヤング係数

E(B) : 基板のヤング係数

$\alpha(R)$: 温度補償系の中での保護層の体積分率

$\alpha(B)$: 温度補償系の中での基板の体積分率

を満たすように形成されていることを特徴としている。

この場合には、放射光の再結合の可能性を確実に小さくすることが可能となる。

【0016】請求項3に記載の発明は、請求項1乃至2に記載の発明において、保護層を形成する材料が、回折格子が形成された光ファイバ部分の振動を抑制し得る緩衝機能を有しており、回折格子が形成された光ファイバ部分を保護層により基板に固定したことを特徴としている。この場合には、輸送あるいは保管の際に生じる振動や衝撃等を保護層により緩衝して、回折格子が形成された光ファイバ部分が破損するのを防ぐことができ、基板に固定されている光ファイバ回折格子を保護することができる。

【0017】請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の発明において、基板に固定される回折格子が形成された光ファイバ部分の両側部間にわたり、回折格子が形成された光ファイバ部分を保護層により基板に固定したことを特徴としている。この場合には、基板に固定される回折格子が形成された光ファイバ部分の両側部間にわたり、保護層を形成していることから、光ファイバ折

格子のより確実な保護が可能となる。

【0018】請求項5に記載の発明は、請求項1乃至4に記載の発明において、基板に凸部を設け、回折格子が形成された光ファイバ部分の側部を凸部に接触させた状態で固定したことを特徴としている。この場合には、基板と光ファイバの間の接着剤層を極めて薄くすることができるので、基板の熱変位が効率的に回折格子に伝えることが可能となり、温度変化に対するプラグ波長の安定性をより確保することが可能となる。

【0019】請求項6に記載の発明は、請求項1乃至5に記載の発明において、基板は、 $\text{LiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系結晶化ガラスに正の熱膨張係数を有する結晶相を少なくとも一つ以上添加したものであって、(-8.3~-9.4) E-7/Kの熱膨張係数を有することを特徴としている。この場合には、光ファイバの使用温度範囲にわたって、温度変化に対するプラグ波長の安定性を確保することが可能となる。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0021】図1乃至図4は本発明の第1乃至第3の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置を示している。

【0022】図1において、負の熱膨張係数を有する基板10に光ファイバ11が固定されている。光ファイバ11には、クラッド部の周囲に設けられた被覆層が所定長さにわたって除去されてクラッド部が露出している露出部分12に対して、波長をモニターしながら張力が調整され、光ファイバ11の光軸方向に沿って光ファイバ11のコア部の屈折率が変化する回折格子部13が所定領域形成されている。クラッド部が露出している露出部分12には保護層14が設けられている。

【0023】回折格子部13は、ゲルマニウム元素が所定割合添加された石英系光ファイバのコア部に対して紫外線を照射することにより形成するが、紫外線の照射は、公知のホログラフィック法や位相格子法等によって行われる。基板10は、 $\text{LiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系結晶化ガラスにBaOを添加したものであって、(-8.3~-9.4) E-7/Kの熱膨張係数を有するものを使用している。なお、BaOを添加しているのは、基板10の熱膨張係数を調整するためである。

【0024】光ファイバ11は、基板10から所定高さを有し、回折格子部13の中心波長をモニターしながら回折格子部13に所定の張力が与えられた状態で、露出部分12の両端部において接着剤15により基板10に固定されている。光ファイバ11を固定する際、基板10と光ファイバ11の回折格子部13は所定の温度に加熱される。このようにして光ファイバ11を取り付けることにより、光ファイバ11の使用温度範囲において、

基板10の熱変位が光ファイバ11に適切に伝えられるところになり、回折格子部13での温度変化に対するプラグ波長の安定性を保つことが可能となる。

【0025】基板10の熱変位を回折格子部13に伝えるためには、露出部分12を基板10に固定しておけばよいが、本実施例では、被覆層を有する光ファイバ部分も同時に接着剤15により固定している。これにより、光ファイバ11の破断を防止している。接着剤15は、屈折率が1.46のペルヒドロポリシラザンを主成分とするものを使用しており、このペルヒドロポリシラザンは引張弾性係数約200kg/mm²（フィルム状に形成して測定）であり、高い弾性係数を有している。

【0026】図2は、図1に示した第1の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置の光ファイバ11の断面図である。この図は、光ファイバ11の光軸を含む面で切断したときの断面図を示している。

【0027】光ファイバ11は、光を導波させる主要部であるコア部16と、コア部16の周囲に設けられコア部16の屈折率より小さい屈折率を有するクラッド部17と、クラッド部17の周囲に設けられ樹脂からなる被覆層18とを有している。被覆層18は、クラッド部17の周囲に接して設けられる1次被覆層18aと、1次被覆層18aの周囲に接して設けられた2次被覆層18bとで構成されている。

【0028】通常、コア部16、クラッド部17、1次被覆層18a、2次被覆層18bは、以下のように形成されている。コア部16は、屈折率1.463で、外径8μmに形成されている。クラッド部17は、屈折率1.458で、外径125μmに形成されている。1次被覆層18aは、屈折率1.497、ヤング係数0.12kg/mm²のシリコーンゴムによって、27.5μmの層厚さを有して形成されている。2次被覆層18bは、屈折率1.510、ヤング係数80.00kg/mm²のナイロン系樹脂によって、30μmの層厚さを有して形成されている。

【0029】回折格子部13のプラグ波長は1500nmとし、回折格子部13の光ファイバ11の光軸方向の幅は10nmとしているが、これらに限られるものではない。

【0030】回折格子部13が形成されたコア部16の外側に位置するクラッド部17の周囲に接して、保護層14が設けられている。保護層14は、クラッド部17より高いもしくは同等の屈折率を有し、光学的に透明で、かつ接着剤15より弾性係数の小さい材料にて形成されている。また、保護層14は、1次被覆層18aの層厚さ(s)より厚い層厚さ(t)を有して形成されている。保護層14の厚さは、具体的には52.5~82.5μmとされている。ここで、光学的に透明とは、均質性が高く、使用する光の波長域において実質的に吸収、散乱が起こることなく透過率の極めてよい状態のこ

とをいう。

【0031】保護層14を形成する材料は屈折率1.468とされて、クラッド部17と同等の屈折率を有している。また、ヤング係数50.00kg/mm²とされて、接着剤15より低い弾性係数を有している。

【0032】第1の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置によれば、回折格子部13が形成されたコア部16の外側に位置するクラッド部17の周囲に接して保護層14を設けたことにより、被覆層18が除去されている露出部分12及び回折格子部13を保護することが可能となる。

【0033】また、保護層14を形成する材料を、光ファイバ11を基板10に固定する接着剤15より弾性係数の小さい材料としていることから、基板10の熱変位が回折格子部13に伝わる際に阻害することなく、回折格子部13でのプラグ波長に悪影響を及ぼすことがなくなる。

【0034】更に、保護層14を形成する材料をクラッド部17より高いもしくは同等の屈折率を有し、光学的に透明である材料とする一方、保護層14を1次被覆層18aより厚く形成していることから、放射光の反射面

$$\epsilon \propto (-2at) < 1/2$$

ここで、a：保護層14に用いられる材料の光吸収係数として規定される。

【0037】上限値は保護層14の力学特性で与えられるが、保護層14の光ファイバの光軸方向での長さといった体積に関係する他のファクタと関連されて規定されることになる。力学特性は、保護層14の断面積×ヤン

$$E \cdot \epsilon = \alpha(R) \cdot E(R) \cdot \epsilon + \alpha(F) \cdot E(F) \cdot \epsilon$$

$$+ \alpha(B) \cdot E(B) \cdot \epsilon \quad \dots (2)$$

して0.1nm以下の波長精度を要求する場合、回折格子部13に許容されるひずみ誤差は（保護層14の断面積×ヤング係数より発生する）は1/15000（=0.1/1500）となり、1/15000以下のひずみ外乱が影響することになる。保護層14及び回折格子部13が形成されている光ファイバ11が温度補償系及ぼす影響が基板10に対して0.1以下であれば、基板10の熱変位を回折格子部13に適切に伝えることができ、温度変化に対するプラグ波長の安定性を確保できることから、保護層14及び回折格子部13が形成されている光ファイバ11に対しては、

$$\cdot E(B)/10 \quad \dots (3)$$

$$\cdot E(B)/10 \quad \dots (4)$$

ここで、E(R)：保護層14のヤング係数
E(F)：回折格子部13が形成されている光ファイバ11のヤング係数
E(B)：基板10のヤング係数
 $\alpha(R)$ ：温度補償系の中での保護層14の体積分率
 $\alpha(F)$ ：温度補償系の中での回折格子部13が形成されている光ファイバ11の体積分率
 $\alpha(B)$ ：温度補償系の中での基板10の体積分率で近似できる。

【0038】回折格子部13の光学特性は回折格子のピッチで決まり、プラグ波長1500nmの光特性に対

$$\alpha(R) \cdot E(R) < \alpha(B)$$

$$\alpha(F) \cdot E(F) < \alpha(B)$$

の条件を満たすことが求められる。したがって、保護層14については、(3)式を満足する範囲内で、層厚さ及び光ファイバ11の光軸方向での長さ等の保護層14の体積に関連するファクタを規定すればよい。

【0039】図3は、第2の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置を示す断面図である。

【0040】図3においては、回折格子部13が形成さ

をクラッド部17と保護層14との界面ではなく、保護層14とその外側の層との界面に移し、反射面を回折格子から離すことができるため、たとえ、放射光が反射面で反射したとしても、反射した放射光がコア部16の導波光と再結合する可能性を小さくすることが可能となる。

【0035】基板10として、LiO₂-Al₂O₃-SiO₂系結晶化ガラスにBaOを添加したものであつて、(-83~-94)E⁻⁷/Kの熱膨張係数を有するものを使用しており、光ファイバ11の使用温度範囲にわたって、温度変化に対するプラグ波長の安定性を確保することが可能となる。

【0036】ところで、保護層14の厚さの下限値及び上限値は、以下のとおりに規定できる。下限値は保護層14の光学特性で与えられる。回折格子部13からの放射光が保護層14とその外側の層との界面で反射した後、再び導波光になりコア部16の導波光と再結合を起こす可能性を低くするためには、保護層14とその外側の層との界面での放射光の反射による戻りを50%以下とする必要とされるため、保護層14の厚さtは、

$$\dots (1)$$

グ係数、回折格子部13が形成されている光ファイバ11の断面積×ヤング係数、基板10の断面積×ヤング係数の3者の関係で決まる。保護層14と回折格子部13が形成されている光ファイバ11と基板10からなる温度補償系全体の巨視的なヤング率Eは、温度補償系としてひずみが一定(ϵ)と仮定して、

$$+ \alpha(B) \cdot E(B) \cdot \epsilon \quad \dots (2)$$

して0.1nm以下の波長精度を要求する場合、回折格子部13に許容されるひずみ誤差は（保護層14の断面積×ヤング係数より発生する）は1/15000（=0.1/1500）となり、1/15000以下のひずみ外乱が影響することになる。保護層14及び回折格子部13が形成されている光ファイバ11が温度補償系及ぼす影響が基板10に対して0.1以下であれば、基板10の熱変位を回折格子部13に適切に伝えることができ、温度変化に対するプラグ波長の安定性を確保できることから、保護層14及び回折格子部13が形成されている光ファイバ11に対しては、

$$\cdot E(B)/10 \quad \dots (3)$$

$$\cdot E(B)/10 \quad \dots (4)$$

れたコア部16の外側に位置するクラッド部17の周囲に接して設けられた保護層14にて、回折格子部13が形成された光ファイバ11の露出部分12を基板10に固定している。保護層14に用いられる材料には、更に、回折格子部13が形成された光ファイバ11の露出部分12の振動を抑制し得る緩衝機能を有したもののが用いられている。

【0041】図3に示した光ファイバ回折格子を有する光学装置の製造方法は、クラッド部17の周囲に設けられた被覆層18が所定長さにわたって除去し、クラッド部17が露出している露出部分12に対して、波長をモニターしながら、光ファイバ11の光軸方向に沿って光ファイバ11のコア部16の屈折率が変化する回折格子部13を所定領域形成する。次に、回折格子部13の中心波長をモニターしながら回折格子部13に所定の張力を与え、基板10と回折格子部13を所定の温度に加熱した状態で、露出部分12の両端部において接着剤15により基板10に固定する。その後、保護層14を形成して回折格子部13が形成された光ファイバ11の露出部分12を、被覆層18が形成されている光ファイバ部分とともに基板10に固定する。

【0042】上述した第2の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置によれば、第1の実施形態のものと同じ効果を奏することはもちろんのこと、輸送あるいは保管の際に生じる振動や衝撃等を保護層14により緩衝して、回折格子部13を形成するために被覆層18が除去されている回折格子が形成された光ファイバ11の露出部分12が破損するのを防ぐことができ、基板10に固定されている光ファイバ回折格子を保護することが可能となる。

【0043】図4は、第3の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置を示す断面図である。

【0044】第3の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置と第2の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置との相違点は、回折格子部13が形成された光ファイバ11の露出部分12を基板10に固定する保護層14を、接着剤15間にわたり形成し、露出部分12をその全長にわたって保護している点である。

【0045】上述した第3の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置によれば、第2の実施形態のものと同じ効果を奏することはもちろんのこと、基板10に固定されている光ファイバ回折格子をより確実に保護することが可能となる。

【0046】図5乃至図7は第4乃至第6の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置を示している。

【0047】図5に示す第4の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置は、図1に示す第1の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置の変形例である。図6に示す第5の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置は、図3に示す第2の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置の変形例である。図7に示す第6の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置は、図4に示す第3の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置の変形例である。

【0048】第1乃至第3の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置と第4乃至第6の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置との相違点は、基板10の両端部に凸部19を形成し、凸部19に被覆層18が除去されたクラッド部17の露出部分12を接触させた状態で、基板10と光ファイバ11とを接着剤15により固定している点である。

【0049】第4乃至第6の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置によれば、各々第1乃至第3の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置と同じ効果を奏することはもちろんのこと、凸部19に対して露出部分12を接触させていることから、基板10と露出部分12の間の接着剤15層を極めて薄くすることができるので、接着剤15の変形の影響を受けにくくなり、基板10の熱変位が効率的に回折格子部13に伝えることが可能となり、温度変化に対するブレーリング波長の安定性をより確保することが可能となる。

【0050】第1及び第4の実施形態においては、保護層14を設けるにあたり、光ファイバ11を基板10に固定する前に保護層14を形成してもよいし、光ファイバ11を基板10に固定した後に形成してもよい。また、図1及び図5では、接着剤15と保護層14との間に所定間隔が設けられている。これは、保護層14を形成する光ファイバ11の光軸方向での長さを管理することが難しく、ある程度の公差等を見込んだ上で保護層14を形成するために生じる間隔である。製造上問題等なければ、接着剤15間にわたって保護層14を形成してもよく、露出部分12の保護の観点からすれば、接着剤15間にわたって保護層14を形成した方が望ましい。この場合には、光ファイバ11を基板10に固定した後に保護層14を形成するほうが、製造し易いため好ましい。

【0051】保護層14に用いられる材料は、クラッド部17より高いもしくは同等の屈折率を有した材料であればよく、ゲル状あるいはシリコーンオイル等の液状のものでもよい。ゲル状あるいは液状の材料を選択した場合には、保護層14の流動を防ぐために、接着剤15間の光ファイバ11を収納できる密閉された容積部を設け、この容積部内にゲル状あるいは液状の材料を充填する構成とすることが好ましい。また、本実施例では、保護層14に用いられる材料として光学的に透明な材料を用いているが、もちろん、吸収が高い不透明な材料を採用することができる。

【0052】接着剤15として屈折率が1.46のペルヒドロポリシラザンを主成分とするものを使用しているが、エポキシ系接着剤等、従来から用いられている様々な種類の接着剤を用いることができる。また、本実施例では、光ファイバ11の基板10への固定を接着剤15により行っているが、接着剤15を用いずに、かしめ等の機械的なクランプ機構にて光ファイバ11を基板10

に固定するように構成してもよい。

【0053】基板10として、 $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系結晶化ガラスにBaOを添加したものであつて、 $(-83 \sim -94) \times 10^{-7} / \text{K}$ の熱膨張係数を有するものを使用しているが、これに限られるものではない。たとえば、 $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系結晶化ガラスにBaO、ZrO₂、CaO、K₂O、MgO、Na₂O、ZnO、TiO₂、P₂O₅、As₂O₃、Sb₂O₃、Fe₂O₃、MnO₂、CoO、Y₂O₃等から選ばれる正の熱膨張係数を有する結晶相を少なくとも一つ以上添加したものであつて、 $(-83 \sim -94) \times 10^{-7} / \text{K}$ の熱膨張係数を有するものを使用してもよいし、上述した先行技術に記載されているZr—タンゲステン酸塩—ベースの組成物と、Hf—タンゲステン酸塩—ベースの組成物からなるグループから選択された組成物を含むものでも良く、光ファイバ11の使用温度範囲にわたり、所望する負の熱膨張係数を有するものであればよい。

【0054】また、本実施例においては、光ファイバ11に対して回折格子部13を形成するにあたり、クラッド部17の周囲に設けられた被覆層18が所定長さにわたって除去し、クラッド部17が露出している露出部分12に対して、波長をモニターしながら、光ファイバ11の光軸方向に沿って光ファイバ11のコア部16の屈折率が変化する回折格子部13が所定領域形成したものについて、保護層14を設けるよう構成しているが、被覆部18を除去することなく回折格子部13を形成した光ファイバ11に対しても、適用することができる。すなわち、被覆部18を除去することなく回折格子部13が形成された光ファイバ11の周囲に、保護層を設けることになる。もちろん、この場合においても、図1、図

3乃至図7に示す構造を採用することが可能である。

【0055】

【発明の効果】以上、詳細に説明したとおり、本発明によれば、回折格子でのプラグ波長に影響を及ぼすことなく、回折格子が形成された光ファイバ部分を保護することができる一方、放射光の再結合が発生する可能性を極力小さくできる光ファイバ回折格子を有する光学装置を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置を示す断面図である。

【図2】本発明の第1の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置の光ファイバの断面図である。

【図3】本発明の第2の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置を示す断面図である。

【図4】本発明の第3の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置を示す断面図である。

【図5】本発明の第4の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置を示す断面図である。

【図6】本発明の第5の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置を示す断面図である。

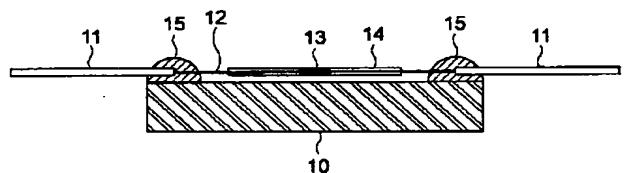
【図7】本発明の第6の実施形態にかかる光ファイバ回折格子を有する光学装置を示す断面図である。

【図8】従来の光ファイバ回折格子を有する光学装置における問題点の説明図である。

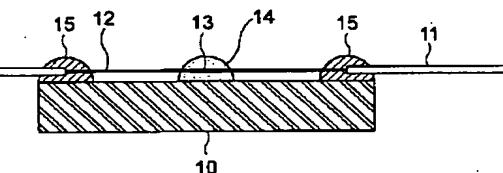
【符号の説明】

10…基板、11…光ファイバ、12…露出部分、13…回折格子部、14…保護層、15…接着剤、16…コア部、17…クラッド部、18…被覆層、18a…1次被覆層、18b…2次被覆層、19…凸部。

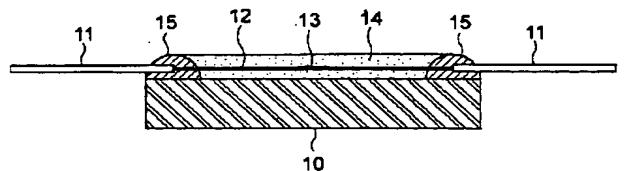
【図1】



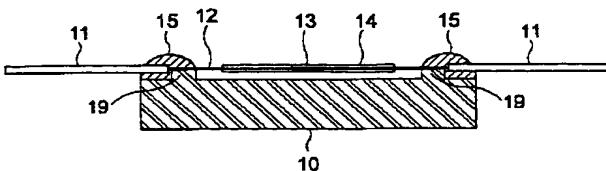
【図3】



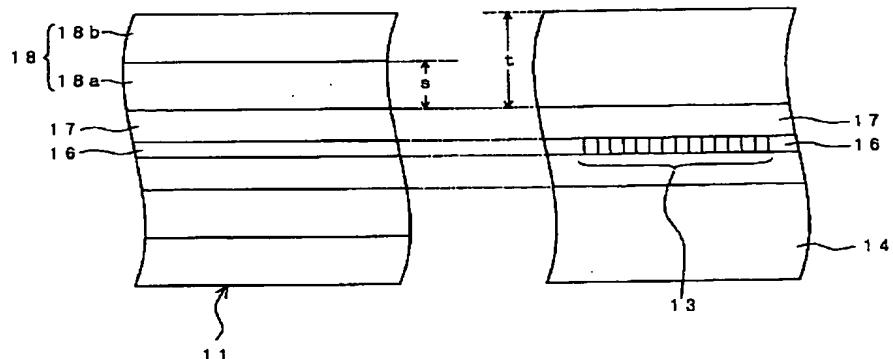
【図4】



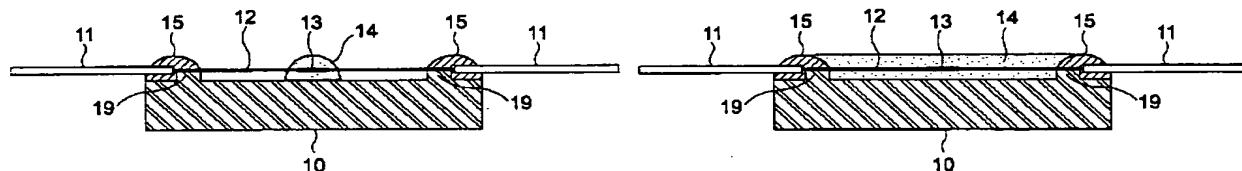
【図5】



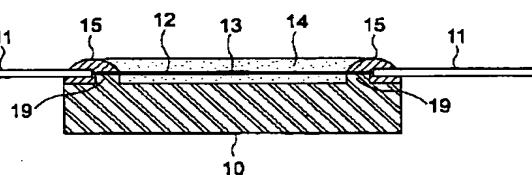
【図2】



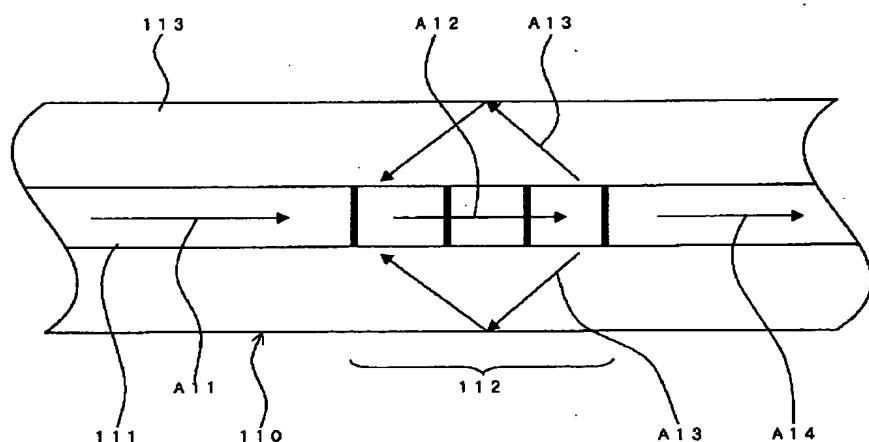
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 井上 享

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 伊藤 達也

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

Fターム(参考) 2H049 AA02 AA34 AA45 AA51 AA59

AA62 AA64

2H050 AB05X AC03 AC82 AC84

AD00